饲粮 *L*-精氨酸含量对冬毛期雌性水貂氨基酸消化率、血清氨基酸含量及血清生化指标的影响

万春孟[1] 张铁涛[2] 崔 虎[1] 杨福合[2] 邢秀梅[2] 高秀华**

（1.中国农业科学院饲料研究所，北京 100081；2.中国农业科学院特产研究所，吉林省特种经济动物分子生物学省部共建重点实验室，长春 130112）

摘 要：本试验旨在研究饲粮 *L*-精氨酸含量对冬毛期雌性水貂氨基酸消化率、血清氨基酸含量及血清生化指标的影响。选取（150±3）日龄的健康雌性水貂 63 只，随机分为 7 组（每组 9 个重复，每个重复 1 只水貂），分别饲喂在基础饲粮中添加 0、0.20%、0.40%、0.60%、0.80%、1.00%和 1.20%*L*-精氨酸的试验饲粮，试验饲粮中 *L*-精氨酸含量分别为 1.70%、1.90%、2.10%、2.30%、2.50%、2.70%和 2.90%。预试期 7 d，正试期 60 d。结果表明：1）干物质采食量、干物质排出量和干物质消化率各组之间差异不显著（$P>0.05$）。2）1.70%组水貂的赖氨酸消化率显著高于 2.50%、2.70%和 2.90%组（$P<0.05$）。2.70%和 2.90%组水貂的精氨酸消化率显著高于 1.70%和 1.90%组（$P<0.05$）。3）2.30%组水貂血清丝氨酸和脯氨酸含量显著高于 1.70%、1.90%、2.10%和 2.90%组（$P<0.05$）。2.30%和 2.50%组水貂血清丙氨酸含量显著高于 1.70%、1.90%、2.10%和 2.90%组（$P<0.05$）。2.30%组水貂血清苯丙氨酸含量显著高于 1.70%和 2.90%组（$P<0.05$）。2.30%组水貂血清精氨酸含量显著高于 1.70%、1.90%、2.10%和 2.90%组（$P<0.05$）。4）2.30%组水貂血清天门冬氨酸氨基转移酶活性显著高于 1.70%组（$P<0.05$）。2.30%和 2.50%组水貂血清乳酸脱氢酶活性显著高于 1.70%、1.90%、2.10%、2.70%和 2.90%组（$P<0.05$）。5）2.30%和 2.50%组水貂血清免疫球蛋白 M 含量显著高于 1.70%、1.90%、2.10%、2.70%和 2.90%组（$P<0.05$）。2.30%组水貂血清免疫球蛋白 G 含量显著高于 1.70%和 2.90%组（$P<0.05$）。2.30%和 2.50%组水貂血清补体 4 含量显著高于 1.70%和 2.90%组（$P<0.05$），2.10%组水貂血清补体 4 含量显著高于 1.70%（$P<0.05$）。由结果可知，当饲粮中 *L*-精氨酸含量为 2.30%时，冬毛期雌性水貂能获得较好的蛋白质和氨基酸代谢，同时免疫功能得到增强。

关键词：*L*-精氨酸；冬毛期；雌性水貂；氨基酸消化率；血清氨基酸含量；血清生化指标

收稿日期：2015-09-29

基金项目：国家自然资源平台专项“特种经济动物种质资源共享平台”（2005DKA21102）

作者简介：万春孟（1989-），男，山东青岛人，硕士研究生，从事动物营养与饲料科学研究。E-mail：932904711@qq.com

*通信作者：高秀华，研究员，博士生导师，E-mail： xiuhuagao@126.com

中图分类号：S814　　　　　文献标识码：A　　　　　　文章编号：

精氨酸作为一种条件性必需氨基酸，不仅是合成蛋白质的重要原料，而且在生理调节方面具有重要作用[1-4]。内源精氨酸的合成对维持其体内的精氨酸平衡起着关键的作用，但是在动物饲粮中添加精氨酸后，精氨酸的吸收与色氨酸、赖氨酸和组氨酸等拮抗[5]，从而影响多种氨基酸的消化率和血清氨基酸含量。血清生化指标是反映动物机体免疫功能、酶活性及脏器功能完整性的重要指标[6]。同时，血清生化指标能够在一定程度上反映动物对饲粮蛋白质的利用情况。因此，测定水貂血清生化指标的变化有助于研究动物机体内的营养物质代谢情况[7]。本课题组前期已研究过饲粮添加 *L*-精氨酸水平对育成期和冬毛期水貂生长性能、营养物质消化率及氮代谢的影响[8-9]。目前与精氨酸相关的水貂氨基酸消化率、血清氨基酸含量以及血清生化指标的研究比较少。因此，本文通过在冬毛期水貂饲粮中添加不同水平的精氨酸，研究饲粮精氨酸水平对冬毛期水貂氨基酸消化率、血清氨基酸含量和血清生化指标的影响，为完善我国水貂饲养标准提供科学依据，并为探究精氨酸在水貂体内的营养作用机制奠定基础。

1　材料与方法

1.1　试验动物

在农业部长白山野生生物资源重点野外科学观测试验站的毛皮动物生产基地随机选择健康、体重相近的（150±3）日龄雌性水貂 63 只。

1.2　试验饲粮

水貂目前国内没有统一的饲养标准，参照 NRC（1982）[10]中水貂营养需要量配制冬毛期水貂基础饲粮，其组成及营养水平与氨基酸组成分别见表 1 和表 2。在基础饲粮中分别添加 0、0.20%、0.40%、0.60%、0.80%、1.00%和 1.20%的 *L*-精氨酸，配制成 7 种试验饲粮，试验饲粮中 *L*-精氨酸含量分别为 1.70%、1.90%、2.10%、2.30%、2.50%、2.70%和 2.90%。

表 1　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diet　（air-dry basis）　　　%

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
膨化玉米粉 Extruded corn	26.00

膨化大豆 Extruded soybean	20.00
肉骨粉 Meat and bone meal	16.00
鱼粉 Fish meal	16.00
玉米蛋白粉 Corn gluten meal	5.00
乳酪粉 Cheese meal	5.00
赖氨酸 Lys	0.40
蛋氨酸 Met	0.30
食盐 NaCl	0.30
豆油 Soybean oil	10.00
预混料 Premix1)	1.00
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels2)	
代谢能 ME/(MJ/kg)	15.34
粗蛋白质 CP	32.33
粗脂肪 EE	18.06
钙 Ca	2.41
总磷 TP	1.42

1)预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet：VA 10 000 IU，VD_3 2 000 IU，VE 100 IU，VB_1 6 mg，VB_2 10 mg，VB_6 6 mg，VB_{12} 0.1 mg，VK_3 1 mg，VC 400 mg，烟酸 nicotinic acid 30 mg，泛酸 pantothenic acid 40 mg，生物素 biotin 0.2 mg，叶酸 folic acid 1 mg，胆碱 choline 400 mg，Fe 82 mg，Cu 20 mg，Mn 120 mg，Zn 50 mg，I 0.5 mg，Se 0.2 mg，Co 0.3 mg。

2) 粗蛋白质、粗脂肪、钙、总磷为测定值，代谢能为计算值。Values of CP, EE, Ca and TP were measured, and the ME was calculated value.

表 2 基础饲粮氨基酸组成（风干基础）

Table 2 Amino acid composition of the basal diet （air-dry basis） %

氨基酸 Amino acids	含量 Content
天冬氨酸 Asp	2.05

丝氨酸 Ser	0.80
苏氨酸 Thr	1.18
谷氨酸 Glu	3.93
脯氨酸 Pro	1.49
甘氨酸 Gly	1.50
丙氨酸 Ala	1.62
半胱氨酸 Cys	0.42
缬氨酸 Val	1.09
甲硫氨酸 Met	0.78
异亮氨酸 Ile	0.95
亮氨酸 Leu	2.24
酪氨酸 Tyr	0.89
苯丙氨酸 Phe	1.13
赖氨酸 Lys	1.45
组氨酸 His	0.56
精氨酸 Arg	1.70

1.3 试验设计

将 63 只试验水貂随机分为 7 个组，每组 9 个重复，每个重复 1 只，通过方差分析调整各组间平均体重至差异不显著（P>0.05）。7 组试验水貂分别饲喂 *L*-精氨酸含量为 1.70%、1.90%、2.10%、2.30%、2.50%、2.70%和 2.90%的试验饲料。

1.4 饲养管理

试验开始前，对试验水貂接种犬瘟热和细小病毒疫苗。试验水貂均单笼饲养，每日 07:30 与 15:30 各饲喂 1 次，自由采食，自由饮水，每日记录实际采食量。预试期 7 d，正试期 60 d，试验从 2014 年 9 月 14 日到 2014 年 11 月 20 日。

1.5 消化代谢试验

试验开始 42 d 后，每组挑选 6 只体重相近的水貂进行消化代谢试验，消化代谢试验时间为 2014 年 10 月 27 日至 2014 年 10 月 29 日，共计 3 d。采用全收粪法进行消化代谢试验，

消化代谢试验期间饲养管理与日常饲养管理相同。每天收集的粪便称重后按鲜重的5%加入10%硫酸溶液，并加少量甲苯防腐，保存于-20 ℃备用。将3 d的粪便混合均匀，先在80 ℃下杀菌2 h，然后降到65 ℃烘干至恒重，磨碎过40目筛，制成风干样本，以备实验室分析。

1.6 血清制备

饲养试验结束后，每组分别选取6只水貂，心脏采血。每只采血5 mL，置于促凝固管中，静置待血清析出后3 500 r/min、4 ℃离心10 min。将分离出的血清分装在1.5 mL的Eppendorf管中，置于-80 ℃中保存备用。

1.7 测定指标

参考GB/T 6435-2006[11]，采用105 ℃烘干法测定饲粮和粪便中的干物质含量；参考GB/T 5009.124—2003[12]，采用盐酸水解法测定饲粮和粪便中的氨基酸含量；用三氯乙酸沉淀血清中蛋白质后，用日立L-8900氨基酸分析仪测定血清中的氨基酸含量；血清中天门冬氨酸氨基转移酶（AST）、丙氨酸氨基转移酶（ALT）、碱性磷酸酶（ALP）、乳酸脱氢酶（LDH）活性以及总蛋白（TP）、白蛋白（ALB）、免疫球蛋白A（IgA）、免疫球蛋白G（IgG）、免疫球蛋白M（IgM）、补体3（C3）和补体4（C4）含量均按照试剂盒（购自中生北控有限公司）说明书使用VITAL-E全自动生化分析仪测定，球蛋白(GLOB)含量由TP和ALB含量差值计算获得。

干物质消化率（%）＝[（干物质采食量－干物质排出量）/干物质采食量]×100；

氨基酸消化率（%）＝[（氨基酸采食量－氨基酸排出量）/氨基酸采食量]×100。

1.8 数据统计

结果以“平均值±标准差”表示，试验数据采用SPSS 17.0软件进行统计分析，采用单因素方差分析（one-way ANOVA）进行差异显著性检验，其中$P<0.05$为差异显著，$P<0.01$为差异极显著。

2 结 果

2.1 饲粮*L*-精氨酸含量对冬毛期雌性水貂干物质消化率的影响

由表2可知，各组水貂的干物质采食量、干物质排出量和干物质消化率差异不显著（$P>0.05$）。

表 2 饲粮 *L*-精氨酸含量对冬毛期雌性水貂干物质消化率的影响

Table 2 Effects of dietary *L*-Arg content on DM digestibility of female mink in the winter fur-growing period

项目 Items	*L*-精氨酸含量 *L*-Arg content/%							*P* 值
	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	2.70	2.90	*P*-value
干物质采食量 DM intake/g	83.98±8.60	80.50±9.79	82.90±7.23	79.11±6.97	80.88±8.85	84.84±6.50	82.99±5.53	0.804 0
干物质排出量 DM output/g	23.88±2.60	20.64±2.33	23.75±1.64	22.55±2.49	23.89±2.39	23.99±1.97	22.34±2.81	0.854 0
干物质消化率 DM digestibility/%	71.01±5.32	70.98±7.29	71.50±1.21	71.42±1.45	71.29±7.68	71.80±1.57	71.18±1.65	0.573 0

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05），相同或无字母表示差异不显著（*P*>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05). The same as below.

2.2 饲粮 *L*-精氨酸含量对冬毛期雌性水貂氨基酸消化率的影响

由表 3 可知，1.70%组水貂的赖氨酸消化率显著高于 2.50%、2.70%和 2.90%组（*P*<0.05）。2.30%和 2.50%组水貂的精氨酸消化率显著高于 1.70%和 1.90%组（*P*<0.05）。其他氨基酸的消化率在各组之间差异不显著（*P*>0.05）。

表 3 饲粮 *L*-精氨酸含量对冬毛期雌性水貂氨基酸消化率的影响

Table 3 Effects of dietary *L*-Arg content on amino acid digestibility of female mink in the winter fur-growing period %

项目 Items	*L*-精氨酸含量 *L*-Arg content/%							*P* 值
	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	2.70	2.90	*P* value

天冬氨酸 Asp	78.31±6.28	76.12±5.65	77.69±1.44	78.88±2.06	79.81±9.19	78.61±2.32	77.00±1.50	0.609 0
丝氨酸 Ser	74.70±4.31	73.38±3.91	73.45±2.48	73.80±3.21	73.11±7.28	72.88±4.16	72.78±1.71	0.312 0
苏氨酸 Thr	86.34±2.87	86.32±8.61	86.28±2.08	86.17±2.41	86.94±5.11	85.31±1.79	84.27±1.34	0.333 0
谷氨酸 Glu	84.22±3.74	83.50±6.10	84.67±0.94	85.03±2.14	84.10±6.09	83.45±1.88	83.70±0.77	0.160 0
脯氨酸 Pro	82.25±3.30	81.66±7.45	82.82±2.24	82.23±2.24	79.64±6.38	79.66±2.05	79.66±1.18	0.534 0
甘氨酸 Gly	77.29±3.95	76.32±6.69	78.67±1.61	78.57±1.73	75.07±8.29	75.28±2.56	75.53±1.43	0.213 0
丙氨酸 Ala	83.83±4.35	83.16±6.06	84.30±1.40	85.03±2.10	84.68±6.36	82.68±2.29	82.79±0.80	0.554 0
半胱氨酸 Cys	73.27±6.39	71.85±5.77	73.92±3.65	70.74±6.17	68.28±3.56	65.89±2.84	66.44±5.33	0.666 0
缬氨酸 Val	82.06±3.88	81.13±6.80	83.26±1.48	83.50±1.68	81.73±6.89	81.64±1.73	82.22±1.28	0.548 0
甲硫氨酸 Met	87.88±2.10	87.34±4.94	87.81±0.53	87.77±1.62	87.39±4.29	87.59±1.17	87.81±0.74	0.019 0
异亮氨酸 Ile	82.94±3.14	81.72±7.12	83.66±1.97	83.69±1.57	82.17±6.42	81.35±1.59	81.63±1.18	0.328 0
亮氨酸 Leu	86.79±2.58	85.37±5.57	86.91±1.62	86.98±1.38	86.69±5.75	85.90±1.18	86.67±1.02	0.393 0
酪氨酸 Tyr	85.93±3.56	85.12±3.89	86.15±1.78	85.53±1.48	85.27±5.94	86.28±2.30	85.14±2.46	0.386 0
苯丙氨酸 Phe	86.12±3.04	84.70±5.47	86.22±1.45	86.34±1.17	85.33±5.64	84.99±1.16	85.14±1.05	0.258 0
赖氨酸 Lys	91.03±2.32^{a}	88.14±4.72^{ab}	89.00±1.73^{ab}	88.02±0.88^{ab}	85.87±4.72^{b}	86.44±0.95^{b}	87.17±1.11^{b}	0.042 0
组氨酸 His	84.47±3.04	83.45±5.55	86.05±1.62	86.58±1.62	84.91±6.26	83.03±1.10	83.61±1.36	0.550 0
精氨酸 Arg	88.78±2.49^{a}	88.71±4.44^{a}	91.13±1.02^{ab}	91.57±1.12^{ab}	91.54±3.68^{ab}	92.90±1.13^{b}	93.38±0.84^{b}	0.045 0

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（P<0.05），不同大写字母表示差异极显著（P<0.01），相同或无字母表示差异不显著（P>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), and with different capital letter superscripts mean extremely significant difference (P<0.01), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.

2.3 饲粮 *L*-精氨酸含量对冬毛期雌性水貂血清氨基酸含量的影响

由表 4 可知， 2.30%组水貂血清丝氨酸和脯氨酸含量显著高于 1.70%、1.90%、2.10%和 2.90%组（*P*<0.05）。2.30%和 2.50%组水貂血清丙氨酸含量显著高于 1.70%、1.90%、2.10%和 2.90%组（*P*<0.05）。2.30%组水貂血清苯丙氨酸含量显著高于 1.70%和 2.90%组（*P*<0.05）。2.30%组水貂血清精氨酸含量显著高于 1.70%、1.90%、2.10%和 2.90%组（*P*<0.05）。其他血清氨基酸含量在各组之间差异不显著（*P*>0.05）。

表 4　饲粮 *L*-精氨酸含量对冬毛期雌性水貂血清氨基酸含量的影响

Table 4　Effects of dietary *L*-Arg content on serum amino acid contents of female mink in the winter fur-growing period　nmol/L

项目 Items	*L*-精氨酸含量 *L*-Arg content/%							*P* 值 *P*-value
	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	2.70	2.90	
天冬氨酸 Asp	0.56±0.08	0.64±0.03	0.60±0.02	0.73±0.22	0.75±0.04	0.75±0.08	0.72±0.08	0.300 0
苏氨酸 Thr	5.36±0.35	5.36±0.30	5.57±0.18	5.58±0.51	5.04±0.42	4.63±0.36	4.64±0.14	0.355 0
丝氨酸 Ser	4.43±0.39^{c}	4.44±0.34^{c}	4.51±0.24^{c}	5.64±0.51^{a}	5.33±0.40^{ab}	5.41±0.54^{ab}	4.04±0.31^{c}	0.008 0
谷氨酸 Glu	2.74±0.24	2.87±0.20	2.97±0.18	3.02±0.13	3.73±0.31	3.24±0.34	3.20±0.20	0.332 0
脯氨酸 Pro	1.88±0.15^{b}	1.89±0.07^{b}	1.90±0.15^{b}	2.72±0.24^{a}	2.07±0.14^{ab}	2.01±0.22^{ab}	1.71±0.18^{b}	0.015 0
甘氨酸 Gly	7.16±0.65	7.22±0.57	7.35±0.36	7.54±0.41	7.55±0.56	7.22±0.21	7.14±0.67	0.421 0
丙氨酸 Ala	8.79±0.62^{a}	8.80±0.86^{a}	8.82±0.54^{a}	11.52±0.57^{c}	11.46±0.67^{c}	10.33±0.38^{bc}	9.69±0.67^{ab}	0.001 0
缬氨酸 Val	4.01±0.15	4.18±0.08	4.87±0.31	4.94±0.28	4.29±0.35	4.35±0.43	4.26±0.28	0.324 0
半胱氨酸 Cys	0.21±0.02	0.23±0.02	0.26±0.01	0.25±0.01	0.23±0.02	0.20±0.01	0.19±0.03	0.232 0
蛋氨酸 Met	2.56±0.23	2.54±0.18	2.51±0.20	2.63±0.22	2.75±0.20	2.72±0.21	2.51±0.24	0.258 0
异亮氨酸 Ile	1.86±0.04	1.91±0.04	2.17±0.09	2.47±0.22	2.14±0.20	2.05±0.26	1.98±0.19	0.234 0
亮氨酸 Leu	3.57±0.21	3.75±0.11	4.72±0.38	4.75±0.21	3.93±0.32	3.58±0.25	3.41±0.26	0.125 0
酪氨酸 Tyr	1.77±0.16	2.11±0.05	2.17±0.12	2.26±0.18	2.00±0.07	2.06±0.19	1.76±0.17	0.236 0
苯丙氨酸 Phe	3.35±0.16^{a}	4.29±0.35^{ab}	4.33±0.27^{ab}	5.58±0.21^{b}	4.63±0.33^{ab}	4.39±0.28^{ab}	3.47±0.31^{a}	0.036 0
鸟氨酸 Orn	2.23±0.12	2.49±0.28	2.99±0.24	3.11±0.29	2.56±0.22	2.52±0.20	2.38±0.16	0.353 0
赖氨酸 Lys	5.21±0.51	5.65±0.56	5.52±0.32	5.69±0.55	5.54±0.44	5.42±0.33	4.99±0.42	0.125 0
组氨酸 His	1.82±0.20	1.81±0.24	1.89±0.18	2.13±0.60	2.03±0.24	2.05±1.46	1.95±0.38	0.213 0
精氨酸 Arg	1.40±0.28^{a}	1.40±0.25^{a}	1.46±0.16^{a}	2.11±0.69^{b}	1.85±0.26^{ab}	1.93±0.85^{ab}	1.58±0.20^{a}	0.013 0

2.4　饲粮 *L*-精氨酸含量对冬毛期雌性水貂血清常规生化指标的影响

由表 5 可知，2.30%组水貂血清天门冬氨酸氨基转移酶活性显著高于 1.70%组（*P*<0.05）。2.30%和 2.50%组水貂血清乳酸脱氢酶活性显著高于 1.70%、1.90%、2.10%、2.70%和 2.90%组（*P*<0.05）。其他血清常规生化指标各组之间差异不显著（*P*>0.05）。

表 5　饲粮 *L*-精氨酸含量对冬毛期雌性水貂血清常规生化指标的影响

Table 5　Effects of dietary *L*-Arg content on serum routine biochemical indices of female mink in the winter

fur-growing period

项目 Items	*L*-精氨酸含量 *L*-Arg content/%							*P* 值
	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	2.70	2.90	*P*-value
总蛋白 TP/（g/L）	78.89±1.12	82.13±2.55	82.48±3.11	82.36±4.00	82.48±5.09	83.40±5.09	78.57±6.43	0.850 0
白蛋白 ALB/（g/L）	43.73±2.76	43.83±3.01	44.64±1.41	44.62±2.34	43.80±1.00	43.02±4.30	43.06±2.09	0.147 0
球蛋白 GLOB/（g/L）	35.16±3.81	36.80±1.04	37.13±3.19	37.17±2.09	36.60±4.74	36.96±2.91	36.69±4.79	0.072 0
丙氨酸氨基转移酶 ALT/（U/L）	207.74±16.12	216.43±19.10	216.57±18.48	218.15±17.81	209.56±17.18	206.97±19.16	205.99±20.26	0.115 0
天门冬氨酸氨基转移酶 AST/（U/L）	113.19±11.37^{a}	141.70±13.40^{ab}	149.40±12.53^{ab}	192.46±13.34^{b}	160.29±13.27^{ab}	168.89±12.39^{ab}	141.06±11.27^{ab}	0.336 0
碱性磷酸酶 ALP/（U/L）	122.52±5.16	123.39±11.17	122.45±11.13	124.78±12.37	123.55±12.64	123.35±12.89	123.76±11.26	0.313 0
乳酸脱氢酶 LDH/（U/L）	793.67±50.39^{a}	792.76±60.12^{a}	794.88±66.76^{a}	820.78±63.51^{b}	817.59±73.36^{b}	796.43±66.79^{a}	792.73±53.29^{a}	0.045 0

2.5 饲粮 *L*-精氨酸含量对冬毛期雌性水貂血清免疫生化指标的影响

由表 6 可知，2.30%和 2.50%组水貂血清免疫球蛋白 M 含量显著高于 1.70%、1.90%、2.10%、2.70%和 2.90%组（$P<0.05$）。2.30%组水貂血清免疫球蛋白 G 含量显著高于 1.70%和 2.90%组（$P<0.05$）。2.30%和 2.50%组水貂血清补体 4 含量显著高于 1.70%和 2.90%组（$P<0.05$），2.10%组水貂血清补体 4 含量显著高于 1.70%组（$P<0.05$）。其他血清免疫指标在各组之间差异不显著（$P>0.05$）。

表 6 饲粮 *L*-精氨酸含量对冬毛期雌性水貂血清免疫生化指标的影响

Table 6 Effects of dietary *L*-Arg content on serum immune biochemical indices of female mink in the winter fur-growing period g/L

项目 Items	*L*-精氨酸含量 *L*-Arg content/%							*P* 值
	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	2.70	2.90	*P*-value

免疫球蛋白 A IgA	0.37±0.04	0.38±0.03	0.38±0.15	0.38±0.03	0.38±0.03	0.37±0.04	0.36±0.02	0.893 0
免疫球蛋白 M IgM	0.49±0.05^{a}	0.51±0.03^{a}	0.53±0.04^{a}	0.74±0.06^{b}	0.71±0.07^{b}	0.52±0.02^{a}	0.53±0.05^{a}	0.002 0
免疫球蛋白 G IgG	5.45±0.62^{a}	6.73±0.57^{ab}	6.40±0.46^{ab}	6.91±0.66^{b}	6.25±0.68^{ab}	6.49±0.32^{ab}	5.41±0.37^{a}	0.296 0
补体 3 C3	0.32±0.01	0.33±0.01	0.33±0.01	0.33±0.01	0.32±0.01	0.33±0.01	0.32±0.01	0.258 0
补体 4 C4	0.02±0.01^{a}	0.04±0.02^{abc}	0.07±0.02^{bc}	0.10±0.02^{c}	0.09±0.02^{c}	0.04±0.03^{abc}	0.03±0.01^{ab}	0.001 0

3 讨 论

3.1 饲粮 *L*-精氨酸含量对冬毛期雌性水貂干物质消化率和氨基酸消化率的影响

在本试验中，饲粮 *L*-精氨酸含量对冬毛期水貂的干物质采食量、干物质排出量和干物质消化率没有显著影响。但是，饲粮中添加 *L*-精氨酸后，对饲粮中部分氨基酸的消化率产生了显著影响。Wu 等[5]研究发现，精氨酸的吸收与赖氨酸拮抗。饲粮中高精氨酸含量影响赖氨酸的吸收、降解、合成和重吸收，这主要是因为赖氨酸与精氨酸均为碱性氨基酸，在机体内分享同一转运系统，因此在吸收过程中存在拮抗[13]。在本试验中，随着饲粮中精氨酸含量的增加，冬毛期水貂对饲粮中精氨酸的消化率逐渐增加，同时对饲粮中赖氨酸的消化率逐渐降低。这说明冬毛期水貂对饲粮中精氨酸和赖氨酸的吸收可能存在拮抗作用。因此，当冬毛期水貂对饲粮中精氨酸的消化吸收增加时，明显地抑制了对赖氨酸的消化吸收。

3.2 饲粮 *L*-精氨酸含量对冬毛期雌性水貂血清氨基酸含量的影响

血清中游离氨基酸含量在一定程度上可以反映动物体内氨基酸代谢功能，当饲粮氨基酸不能满足动物需要时，血清游离氨基酸含量偏低[14]。在动物体内，精氨酸能够通过精氨酸酶途径被利用，代谢的主要产物为脯氨酸、鸟氨酸和尿素[15]。Wu 等[16]研究表明，脯氨酸是仔猪肠细胞生成精氨酸的主要前体物。因此，动物血清中脯氨酸的含量与精氨酸的代谢存在紧密联系。在本试验中，随着饲粮中精氨酸含量的增加，水貂血清中丝氨酸、脯氨酸、丙氨酸、苯丙氨酸和精氨酸的含量表现出显著差异。从结果来看，*L*-精氨酸含量为 2.30%的组水貂血清中多种氨基酸的含量处在最高值，因此该组水貂的氨基酸代谢较好。

3.3 饲粮 *L*-精氨酸含量对冬毛期雌性水貂血清常规生化指标的影响

丙氨酸氨基转移酶与天门冬氨酸氨基转移酶主要分布在肝细胞内，其中丙氨酸氨基转移酶主要分布在肝细胞质中，天门冬氨酸氨基转移酶主要分布在肝细胞浆和肝细胞线粒体中，血清中丙氨酸氨基转移酶和天门冬氨酸氨基转移酶活性可以反映机体中肝脏合成蛋白质的

能力和肝脏功能的状况[17]。同时，碱性磷酸酶和乳酸脱氢酶活性可以反映肝脏和肾脏的功能状况，天门冬氨酸氨基转移酶和丙氨酸氨基转移酶活性反映蛋白质代谢和氨基酸利用水平[18]。潘杰等[19]研究发现，在仔猪饲粮中添加精氨酸后，仔猪血清中总蛋白、白蛋白含量以及碱性磷酸酶、谷丙转氨酶活性均高于对照组。在本试验中，在冬毛期水貂饲粮中添加适量精氨酸后提高了水貂血清中天门冬氨酸氨基转移酶和乳酸脱氢酶的活性，且在 *L*-精氨酸含量为 2.30%时活性最高。天门冬氨酸氨基转移酶和乳酸脱氢酶活性的增加表明水貂蛋白质代谢功能和肾脏功能增强。因此，当饲粮中精氨酸含量为 2.30%时，冬毛期水貂能获得较好的蛋白质代谢。

3.4 饲粮 *L*-精氨酸含量对冬毛期雌性水貂血清免疫生化指标的影响

免疫球蛋白是血清总蛋白的组成部分，能够直接反映水貂机体免疫能力。补体是存在于正常人和动物血清与组织液中的一组经活化后具有酶活性的蛋白质。免疫球蛋白是体液免疫应答中发挥免疫功能最主要的免疫分子，它与补体结合后可杀死细菌和病毒[20]。精氨酸能够改善机体的体液免疫功能。李新国等[21]研究发现，在 7 日龄断奶仔猪饲粮中添加精氨酸，在试验第 14 天发现仔猪血清免疫球蛋白含量显著提高。杨平[22]研究发现，在饲粮中添加 1%的精氨酸可有效提高妊娠母猪血清免疫球蛋白含量。麻名文[23]研究发现，在饲粮中添加 *L*-精氨酸能显著提高肉兔血清中免疫球蛋白 A 的含量，增强肉兔的体液免疫。在本试验中，在饲粮中添加 0.60%的 *L*-精氨酸后增加了冬毛期水貂血清中免疫球蛋白 M、免疫球蛋白 G 和补体 C4 的含量，说明饲粮 *L*-精氨酸含量为 2.30%时冬毛期水貂的免疫功能得到增强。

4 结　论

由本试验结果得出，当饲粮中精氨酸含量为 2.30%时，冬毛期雌性水貂可获得较好的蛋白质和氨基酸代谢，同时免疫功能得到增强。

参考文献：

[1] 孙红暖,杨海明,王志跃,等.精氨酸对动物的营养生理及免疫作用[J].动物营养学报,2014,26(1):54–62.

[2] 石现瑞,王恬.家禽体内精氨酸功能研究进展[J].中国饲料,2003(4):12–14.

[3] 刘兆金,印遇龙,邓敦,等.精氨酸生理营养研究[J].氨基酸和生物资源,2005,27(4):54–57.

[4] 袁中彪,陈代文.精氨酸的免疫作用[J].中国饲料,2003(6):35–36.

[5] WU G,KNABE D A,KIM S W.Arginine nutrition in neonatal pigs[J].The Journal of Nutrition,2004,134(10):2783S–2790S.

[6] 周宁,张海华,吕智超,等.饲粮锌水平对育成期水貂生长性能及血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2014,26(11):3341–3348.

[7] 张铁涛,张志强,刘汇涛,等.饲粮蛋白质水平对冬毛期水貂部分血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2011,23(6):1052–1057.

[8] 万春孟,张铁涛,吴学壮,等.饲粮 *L*-精氨酸添加水平对育成期水貂生长性能、营养物质消化率及氮代谢的影响[J].动物营养学报,2015,27(8):2607–2613.

[9] 万春孟,张铁涛,吴学壮,等.饲粮 *L*-精氨酸添加水平对冬毛期水貂生长性能、营养物质消化率及氮代谢的影响[J].动物营养学报,2015,27(9):2963–2969.

[10] NRC.Nutrient requirements of mink and foxes[S].Washington,D.C.:National Academy Press,1982.

[11] 全国饲料工业标准化技术委员会.GB/T 6435-2006 饲料中水分和其他挥发性物质含量的测定[S].北京:中国标准出版社,2006.

[12] 全国饲料工业标准化技术委员会.GB/T 6432-1994 饲料中粗蛋白测定方法[S].北京:中国标准出版社,1994.

[13] 张再明,杨琳,侯水生.动物营养中赖氨酸与精氨酸互作关系的研究进展[J].饲料广角,2012(21):26–28.

[14] 管武太.理想氨基酸模式提高猪生产性能的机理[D].博士学位论文.北京:中国农业大学,1997.

[15] O'QUINN P R,KNABE D A,WU G.Arginine catabolism in lactating porcine mammary tissue[J].Journal of Animal Science,2002,80(2):467–474.

[16] WU G.Synthesis of citrulline and arginine from proline in enterocytes of postnatal pigs[J].American Journal of Physiology,1997,272(6 Pt 1):G1382–G1390.

[17] 王灿,苗志敏,李长贵,等.人体血尿酸水平对血清谷丙转氨酶和谷草转氨酶水平的影响[J].山东医药,2010,50(29):1–3.

[18] 应诗家,聂海涛,张国敏,等.不同营养水平对湖羊黄体期血液理化指标及卵泡发育的影

响[J].中国农业科学,2012,45(8):1606–1612.

[19] 潘杰,陈荣军,姚康,等.精氨酸对断奶仔猪生长性能·器官重及血液生化参数的影响[J].安徽农业科学,2009,37(7):2981–2982,2990.

[20] 杨汉春,动物免疫学[M].2 版.北京:中国农业大学出版社,2003:66–140.

[21] 李新国.精氨酸在早期断奶仔猪营养中的应用研究[D].硕士学位论文.长沙:湖南农业大学,2010:37–50.

[22] 杨平.饲粮添加*L*-精氨酸或N-氨甲酰谷氨酸对感染PRRSV妊娠母猪繁殖性能及免疫功能的影响[D].硕士学位论文，雅安：四川农业大学,2011.

[23] 麻名文.日粮精氨酸对生长肉兔生长性能、免疫、血液生化指标、激素水平及 *IGF*-Ⅰ mRNA 表达量的影响[D].硕士学位论文，泰安：山东农业大学,2009.

Effects of Dietary *L*-Arginine Content on Amino Acid Digestibility, Serum Amino Acid Contents and Serum Biochemical Indices of Female Mink in the Winter Fur-Growing Period*

WAN Chunmeng[1] ZHANG Tietao[2] CUI Hu[1] YANG Fuhe[2] XING Xiumei[2] GAO Xiuhua[1*]

(1. *Institute of Feed Research, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Beijing* 100081, *China*; 2. *State Key Laboratory of Special Animal Molecular Biology, Institute of Economic Animal and Plant Science, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Changchun* 130112, *China*)

Abstract: This study was conducted to study the effects of dietary *L*-arginine content on amino acid digestibility, serum amino acid contents and serum biochemical indices of female mink in the winter fur-growing period. Sixty-three healthy female mink at the age of (150±3) days were randomly divided into 7 groups with 9 replicates each and 1 mink per replicate. The mink in the seven groups were fed experimental diets with *L*-arginine supplemental levels of 0, 0.20%, 0.40%, 0.60%, 0.80%, 1.00% and 1.20%, and the *L*-arginine content in the experimental diets were 1.70%, 1.90%, 2.10%, 2.30%, 2.50%, 2.70% and 2.90%, respectively. The pre-test period lasted for 7 days, and the trial lasted for 60 days. The results showed as follows: 1） the dry matter (DM) intake, DM output and DM digestibility had no significant difference among all groups (P>0.05). 2) The digestibility of lysine in 1.70% group was significantly higher than that in 2.50%, 2.70% and 2.90% groups (P<0.05). The digestibility of arginine in 2.70% and 2.90% groups was significantly higher than that in 1.70% and 1.90% groups (P<0.05). 3) The contents of serum proline and serine in 2.30% group was significantly higher than that in 1.70%, 1.90%, 2.10% and 2.90% groups (P<0.05). The content of serum alanine in 2.30% and 2.50% groups was significantly higher than that in 1.70%, 1.90%, 2.10% and 2.90% groups (P<0.05). The content of serum phenylalanine in 2.30% group was significantly higher than that in 1.70% and 2.90% groups (P<0.05). The content of serum arginine in 2.30% group was significantly higher than that in 1.70%, 1.90%, 2.10% and 2.90% groups (P<0.05). 4) The activity of serum aspartate amino transferase in 2.30% group was significantly higher than that in 1.70% group (P<0.05). The

*Corresponding author, professor, E-mail: xiuhuagao@126.com

（责任编辑　菅景颖）

activity of serum lactate dehydrogenase in 2.30% and 2.50% groups was significantly higher than that in 1.70%, 1.90%, 2.10%, 2.70% and 2.90% groups (P<0.05). 5) The content of serum immunoglobulin M in 2.30% and 2.50% groups was significantly higher than that in 1.70%, 1.90%, 2.10%, 2.70% and 2.90% groups (P<0.05). The content of serum immunoglobulin G in 2.30% group was significantly higher than that in 1.70% and 2.90% groups (P<0.05). The content of serum complement 4 in 2.30% and 2.50% groups was significantly higher than that in 1.70% and 2.90% groups (P<0.05), and the content of serum complement 4 in 2.10% group was significantly higher than that in 1.70% group (P<0.05). So, when the dietary *L*-arginine content is 2.30%, the female mink in the winter fur-growing period can obtain better protein and amino acid metabolism, and enhance the immune function.

Key words: *L*-arginine; winter fur-growing period; female mink; amino acid digestibility; serum amino acid contents; serum biochemical indices